

И. В. Иликбаев, Д. П. Пупышев

Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

Научный руководитель — доц., канд. техн. наук А. Ю. Жилияков

ВЛИЯНИЕ ДЕНДРИТНОЙ ЛИКВАЦИИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ТЕПЛОУСТОЧИВОЙ СТАЛИ 15Х2НМФА

Исследованы особенности развития дендритной ликвации реакторной стали для использования в атомной энергетике. В качестве материалов для проведения исследований использовались образцы из низколегированной стали перлитного класса — 15Х2НМФА.

Исследования были основаны на результатах металлографического анализа, метода растровой электронной микроскопии и дюрометрического анализа.

Ключевые слова: дендритная ликвация, теплоустойчивые стали, неметаллические включения, растровая электронная микроскопия.

I. V. Ilikbaev, D. P. Pupyshv

EFFECT OF DENDRITIC SEGREGATION ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF HEAT-RESISTANT STEEL 15H2NMFA

The features of the development of dendritic segregation of reactor steel for use in atomic energy have been investigated. Samples of low-alloyed steel of pearlite class — 15H2NMFA were used as materials for research. The studies were based on the results of metallographic analysis, using scanning electron microscopy and durometric analysis.

Key words: dendritic segregation, heat-resistant steels, non-metallic inclusions, scanning electron microscopy.

Проблема получения качественных слитков является важной задачей современного машиностроения, над решением которой работали и работают многие российские и зарубежные ученые. Но и на данный момент решение этой задачи осложняется воздействием комплекса различных факторов при протекании физических, физико-химических и кристаллизационных процессов во время разлива, затвердевания иковки слитков.

Одно из наиболее актуальных направлений исследований — выяснение механизмов, позволяющих управлять важными технологически-

ми и служебными свойствами материалов: прочностью, пластичностью и т. п. Решение подобных задач требует проведения комплексных исследований структуры и свойств материалов с использованием современных экспериментальных методов.

Материалом исследования послужили образцы разных плавок из теплоустойчивой стали перлитного класса 15Х2 НМФА, мас. %, химический состав которой представлен ниже:

С..... 0,13–0,18	Mn..... 0,3–0,6	Si..... 0,17–0,37	Cr..... 1,8–2,3
Ni..... 1–1,5	Mo..... 0,5–0,7	V 0,10–0,12	

Методами металлографического анализа были изучены структуры серии образцов. Результаты данного исследования показали существенную схожесть структуры. Структура образцов состоит по краям преимущественно из столбчатых кристаллов, а ближе к центру — в основном из равноосных. Также были замечены некоторые особенности:

- по направлению от поверхности к центру увеличивается концентрация светлых участков. Скорее всего, эти участки в центральных частях слитков имеют повышенную концентрацию легкоплавких примесей (кислород, азот, сера и фосфор), т. к. они обычно локализуются в междендритных областях;
- по направлению от поверхности слитка к его оси увеличивается концентрация неметаллических включений. На рис. 1 представлены микроструктуры нижней части слитка одного из исследуемых образцов.

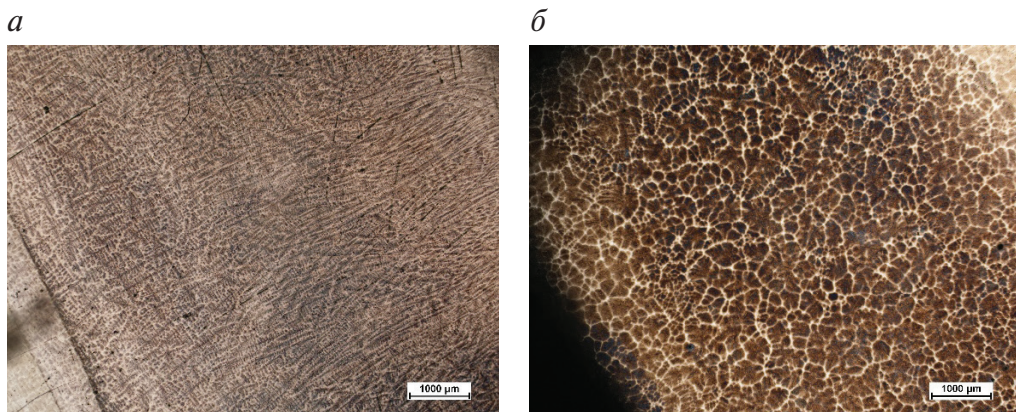


Рис. 1. Микроструктура нижней части слитка 157–1:

a — край; *б* — ось

Методом микрорентгеноспектрального анализа были получены химические составы образцов и неметаллических включений. Проведенные исследования показали, что химический состав металла практически соответствует исходному составу перед разливкой, за исключением хрома и марганца. Так как хром и марганец отличаются от исходного состава исследуемой стали, можно предположить, что эти элементы наиболее подвержены дендритной ликвации. В табл. 1 представлен химический состав образцов, полученный методом МРСА.

Таблица 1

Химический состав стали 15Х2 НМФА разных плавов, мас. %

Номер плавки	Si	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Mo
157–1	0,29	0,13	2,57	0,63	94,20	1,50	0,62
157–2	0,37	0,12	2,56	0,63	94,20	1,47	0,61
157–3	0,28	0,12	2,52	0,66	94,31	1,47	0,63
157–4	0,41	0,13	2,56	0,70	94,11	1,50	0,58
Исходный состав	0,17–0,37	0,10–0,12	1,80–2,30	0,30–0,60	основа	1–1,5	0,50–0,70

По результатам анализа химического состава неметаллических включений можно сделать вывод, что они имеют преимущественно глобулярную форму и состоят из оксидов железа, кремния и алюминия, а также сульфидов марганца. На рис. 2 представлена микроструктура с неметаллическими включениями.

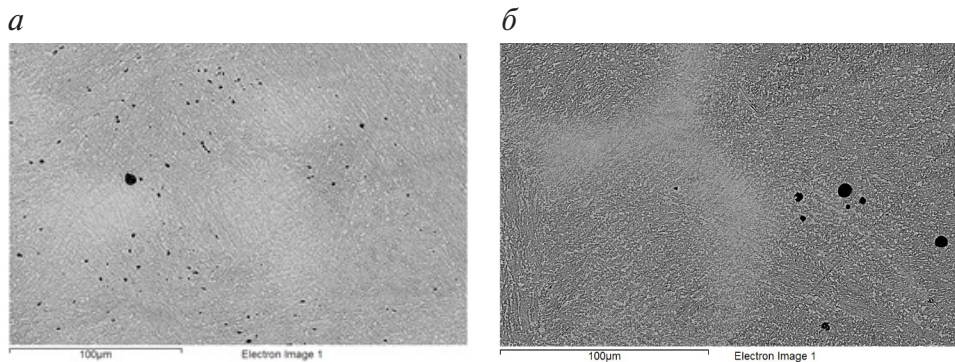


Рис. 2. Микроструктура верхней части слитка 157–3:

a — край; *б* — ось

Значения твердости исследуемых образцов разбросаны по всему сечению образцов. Вероятнее всего, это связано с тем, что слиток имеет разные структурные зоны, которые могут различаться по химическому составу. На рис. 3 представлен график зависимости твердости от расположения измеряемой области одного из исследуемых образцов.

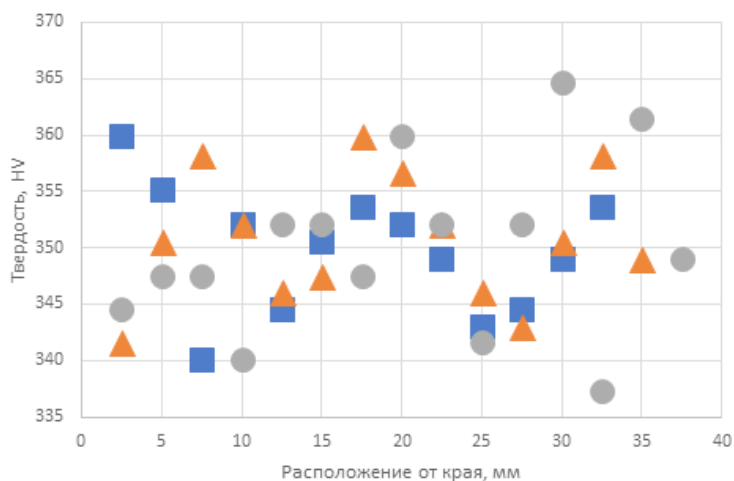


Рис. 3. График зависимости твердости от расположения измеряемой области для слитка 157–2:

■ — нижняя часть; ▲ — средняя часть; ● — верхняя часть

Таким образом, было установлено, что все исследуемые образцы подвержены явлениям дендритной ликвации, которая ухудшает механические свойства готовых изделий.